

OPTIMASI PADA SISTEM DISTRIBUSI AIR BERSIH DI WILAYAH II UNIVERSITAS TELKOM DENGAN METODE CFD (COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS)

WATER DISTRIBUTION SYSTEM OPTIMIZATION AT TELKOM UNIVERSITY AREA II WITH CFD (COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS) METHOD

Muhammad Auzan Fathulloh¹, Agus Kusnayat², Sri Martini³

Prodi S1 Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Universitas Telkom

¹auzanfathullah@gmail.com, ²agus_kusnavat@yahoo.com, ³srimartini59m@gmail.com

Abstrak

Tersedianya air bersih merupakan salah satu hal yang penting bagi kelangsungan hidup manusia. Dalam skala global, permintaan air diperkirakan akan terus meningkat secara signifikan. Universitas Telkom merupakan salah satu instansi yang menggunakan air bersih dalam memenuhi kegiatan sehari-hari. Dalam hal ini Universitas Telkom membutuhkan proses pendistribusian air yang baik. Penggunaan pipa sebagai sarana penghantar aliran pada sistem distribusi dan pengolahan air dapat menyebabkan terjadinya kehilangan energi (Head Loss). Salah satu perubahan yang dapat mempengaruhi debit air dan headloss pada pipa yaitu memperbesar atau memperkecil diameter pipa berdasarkan kondisi lapangan yang sesuai. Metode CFD memungkinkan pengguna untuk menganalisis kecepatan hidrolis, mengevaluasi kinerja hidrolis, menghitung local losses pada sistem perpipaan, dan memprediksi variasi debit pada aliran. EPANET 2.0 merupakan salah satu software CFD yang menggambarkan simulasi hidrolis yang mengalir dalam suatu jaringan pipa. Pada penelitian kali ini perubahan terjadi pada diameter pipa eksisting, dengan keadaan awal berukuran 40 mm / 1,5inch diubah menjadi 65mm/2,5inch dan juga pipa awal yang berukuran 50 mm / 2inch diubah menjadi 65mm/2,5inch. Hal ini berpengaruh terhadap debit air dan headloss pada pipa. Salah satu contohnya adalah debit air eksisting yang berukuran 8,14 liter/detik berubah menjadi 9,18 liter/detik dan juga dengan pipa yang sama memiliki headloss existing sebesar 1,2 m menjadi ukuran 0,4 m untuk usulan. Hal ini dapat mempengaruhi efisiensi pada keseluruhan jaringan pipa air wilayah II Universitas Telkom.

Kata kunci --- Kata Kunci: Distribusi Air, headloss, debit air, CFD, EPANET 2.0

Abstract

The availability of clean water is one of the important things for human survival. On a global scale, water demand is expected to increase significantly. Telkom University is one of the institutions that use clean water in fulfilling daily activities. In this case Telkom University needs a good water distribution process. The use of pipes as a means of conducting flow in the distribution system and water treatment can lead to loss of energy (Head Loss). One of the changes that can affect the water flow and headloss on the pipe is to increase or decrease the diameter of the pipe based on appropriate field conditions. The CFD method allows users to analyze hydraulic speeds, evaluate hydraulic performance, calculate local losses on piping systems, and predict variations of flow discharge. EPANET 2.0 is one of the CFD software that describes hydraulic simulations flowing in a pipeline. In the present study changes occurred in the diameter of the existing pipe, with the initial state measuring 40 mm / 1.5inch became 65mm / 2.5inch and also the initial pipe size 50 mm / 2inch became 65mm / 2.5inch. This affects the water debit and headloss on the pipe. One example is the existing water flow measuring 8.14 liters / second became 9.18 liters / sec and also with the same pipe having an existing headloss of 1.2 m to 0.4 m size for the proposal design. This can affect the efficiency of the entire pipeline network II in Telkom University.

Key words --- Water distribution, headloss, water discharge, CFD, EPANET 2.0

1. Pendahuluan

Tersedianya air bersih merupakan salah satu hal yang penting bagi kelangsungan hidup manusia. Dalam skala global, permintaan air diperkirakan akan terus meningkat secara signifikan. Selain dari sektor industri dan sektor produksi energi, sektor pertanian lah yang bertanggung jawab atas 70% abstraksi air di seluruh dunia. Seiring dengan meningkatnya permintaan air, jumlah limbah yang dihasilkan serta beban pencemaran semakin meningkat diseluruh dunia (WWAP, 2016). Diperkirakan pada tahun 2000 hingga tahun 2050, akan ada kenaikan kebutuhan air sebesar 55%. Hal ini disebabkan oleh permintaan pada sektor manufaktur hingga 400%, sektor pembangkit energi listrik 140% serta kebutuhan domestik sebesar 130% (Christine, 2017). Universitas Telkom merupakan salah satu instansi yang menggunakan air bersih dalam memenuhi kegiatan sehari-hari. Pada wilayah II terdapat lima gedung yang akan dialiri air oleh masing masing groundtank yaitu, FEB-FIK, FKB-Dekanat, dan FIT. Dibawah ini merupakan peta wilayah II distribusi air di Universitas Telkom, sebagai berikut:



Gambar 1 Peta Distribusi Air Wilayah II

Gambar diatas menunjukkan bahwa terdapat total 3 buah groundtank yang akan memasok ketersediaan air untuk lima buah gedung. Untuk menghitung kebutuhan air dalam sehari, maka data yang diperlukan adalah jumlah orang yang menggunakan air serta pemakaian rata-rata orang dalam sehari. Dengan pemakaian selama 6 jam per hari kebutuhan air rata-rata per orang untuk keperluan mahasiswa dan dosen sebesar 30 liter/hari. Penggunaan pipa sebagai sarana penghantar aliran pada sistem distribusi dan pengolahan air dapat menyebabkan terjadinya kehilangan energi (Head Loss). Faktor yang mempengaruhi hilangnya energi tersebut diantaranya kekasaran dinding pipa dan akibat gesekan melalui pipa belokan, percabangan, katup, dan lain sebagainya (Waspodo, 2017). Dengan rancangan sistem pendistribusian yang menggunakan pipa sebagai sarana penghantar air, maka perlu dilakukan analisis serta evaluasi terhadap head loss yang terjadi pada saluran pipa tersebut. Dalam mengevaluasi rancangan pipa, cara manual dianggap kurang efisien karena memakan waktu yang lebih lama. Selain itu perancangan dan evaluasi pipa secara manual akan membutuhkan biaya yang besar. Sehingga simulasi perancangan pipa dengan software dianggap lebih baik, efisien, dan juga menghasilkan nilai yang akurat (Al-Amin, 2011). Salah satu perubahan yang dapat mempengaruhi debit air dan headloss pada pipa yaitu memperbesar atau memperkecil diameter pipa berdasarkan kondisi lapangan yang sesuai (Yosefa, 2017). Metode CFD memungkinkan pengguna untuk menganalisis kecepatan hidrolis, mengevaluasi kinerja hidrolis, menghitung local losses pada sistem perpipaan, dan memprediksi variasi debit pada aliran air (Arbat, et al., 2011). EPANET 2.0 merupakan salah satu software CFD yang menggambarkan simulasi hidrolis yang mengalir dalam suatu jaringan pipa (Rossman, 2000). Berdasarkan masalah yang telah dijelaskan maka akan dilakukan analisis menggunakan software EPANET 2.0 untuk menganalisis debit air, hilang tekanan, dan juga kecepatan aliran air pada jaringan pipa existing. Sehingga menghasilkan efisiensi pada rancangan pipa usulan di wilayah II Universitas Telkom.

2. Dasar Teori

2.1 Distribusi Air

Dalam sistem distribusi air, untuk mendapatkan air dengan kualitas baik serta kuantitas dan tekanan yang cukup hal yang diperlukan adalah sistem perpipaan yang baik, reservoir, pompa, serta peralatan lain yang menunjang proses pendistribusian air tersebut. Metode pendistribusian yang digunakan bergantung pada tempat sumber air serta posisi bangunan berada (Christine, 2017).

1. Secara Gravitasi

Penggunaan gravitasi sebagai sistem distribusi air dapat digunakan apabila elevasi sumber air mempunyai perbedaan besar dengan elevasi daerah pelayanan.

2. Penggunaan Pompa

Penggunaan pompa sebagai sistem distribusi air digunakan untuk meningkatkan tekanan yang diperlukan. Sistem ini digunakan apabila elevasi sumber air dengan daerah pelayanan tidak memiliki tekanan yang cukup.

3. Cara Gabungan

Penggunaan cara gabungan dilakukan dengan cara reservoir yang digunakan untuk mempertahankan tekanan yang diperlukan selama periode pemakaian air yang tinggi. Sedangkan, selama periode pemakaian rendah, sisa air akan dipompa dan disimpan dalam reservoir distribusi. Untuk mendistribusikan air dari unit satu ke unit lain dapat menggunakan actuator berupa pompa dan valve. Dimana semua akan bekerja secara bergantian sesuai dengan program (Christine, 2017).

2.2 Mekanika Fluida

Mekanika fluida adalah suatu ilmu yang mempelajari gerakan serta keseimbangan yang berupa gaya tarik antara zat cair maupun gas dengan benda-benda yang dilalui saat mengalir atau pun benda-benda disekitarnya. Secara mekanis fluida merupakan suatu substansi yang tidak mampu menahan tekanan tangensial. Jenis fluida sendiri terbagi mejadi dua, yaitu cair dan gas. Fluida cair terdiri atas molekul-molekul tetap dan rapat dengan gaya kohesif kuat, hal ini menyebabkan zat cair akan memiliki permukaan yang rata jika berada dalam medan gravitasi. Sedangkan fluida gas memiliki gaya kohesif yang kecil sehingga dapat diabaikan. Volumennya dapat memuai dan bergerak bebas. Pada keadaan yang diam, fluida akan berbentuk mengikuti wadahnya. Proses deformasi dari fluida sendiri akan dipengaruhi oleh tegangan geser yang terjadi apabila ada gaya tangensial pada suatu permukaan (Waspodo, 2017).

1. Hukum Kontinuitas

Persamaan Kontinuitas merupakan hubungan antara luas penampang dan kecepatan aliran. Jumlah arus yang masuk akan sama dengan jumlah arus yang keluar. Persamaan kontinuitas adalah sebagai berikut:

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

Hubungan antara kecepatan dan luas penampang ini disebut persamaan kontinuitas untuk aliran cairan yang ideal. Hal ini berarti bahwa kecepatan aliran meningkat ketika kita menurunkan luas penampang. (Halliday, Resnick, & Walker, 2011)

2. Hukum Bernoulli

Persamaan Bernoulli adalah hubungan antara kecepatan dan tekanan. Dengan permukaan yang semakin kecil maka tekanan semakin tinggi dan kecepatan semakin tinggi. Untuk permukaan yang besar maka tekanan semakin rendah dan kecepatan semakin rendah. Persamaan Bernoulli hanya berlaku untuk cairan yang ideal (Halliday, Resnick, & Walker, 2011)

Persamaan Bernoulli adalah sebagai berikut:

$$p + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho gh = \text{konstan} \quad (\text{Halliday, Resnick, \& Walker, 2011})$$

p = tekanan fluida (Pa)

ρ = massa jenis (kg/m³)

g = kecepatan gravitasi (m/s²)

h = ketinggian fluida (m)

v = kecepatan m/s

2.3 CFD (*Computational Fluid Dynamics*)

Secara umum langkah kerja CFD terdiri dari tiga tahap, yaitu:

1. PreProcessor

- Proses identifikasi geometri model sebagai domain komputasi
- Pembuatan grid
- Proses definisi properties fluida

2. Solver

Pada tahap ini dilakukan proses komputasi numerik dengan menggunakan salah satu metode numerik:

- Pendekatan variable yang diketahui menjadi fungsi yang lebih sederhana

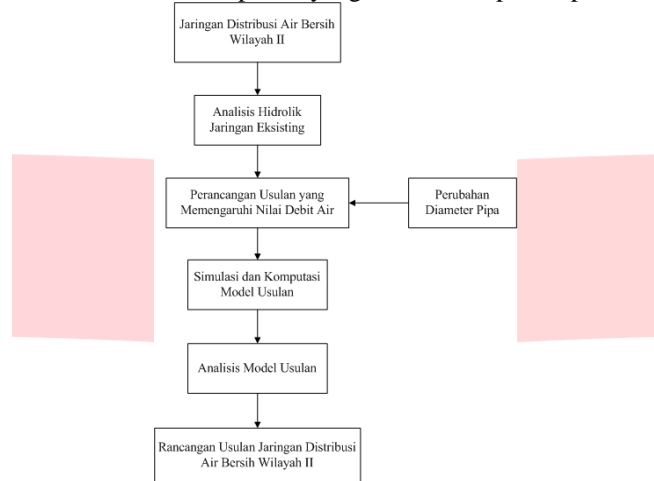
- Diskritisasi dengan substitusi pendekatan kedalam persamaan yang mengatur aliran
- Solusi dari persamaan aljabar

3. Post Processor

Pada tahap ini hasil-hasil komputasi numerik divisualisasikan dan didokumentasikan untuk selanjutnya dapat dilakukan proses analisis.

2.4 Model Konseptual

Model konseptual merupakan suatu kerangka berpikir yang digunakan untuk memahami permasalahan dan menjadi acuan dalam pemecahan masalah yang terjadi. Dengan adanya pembuatan model konseptual maka akan mempermudah pembaca untuk memahami komponen yang terlibat dan proses penelitian yang dilakukan.

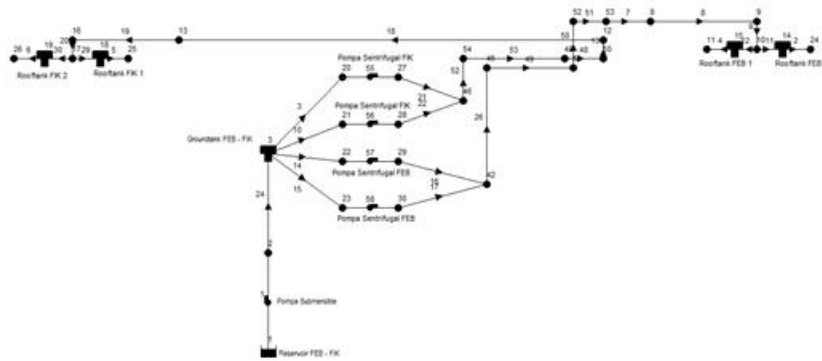


Gambar 2 Model Konseptual

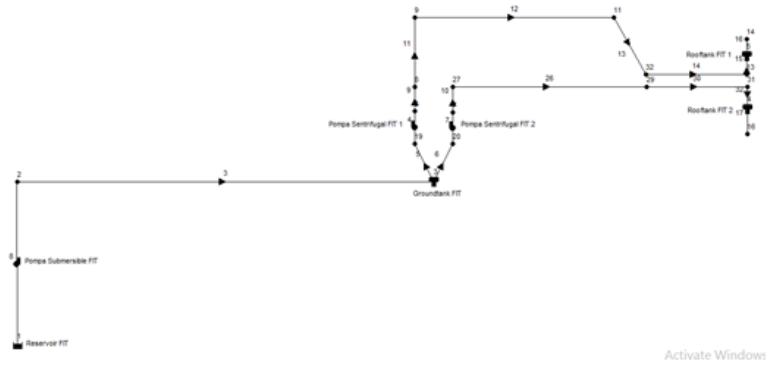
3. Pembahasan

3.1 Pembuatan Model Jaringan Pipa Air

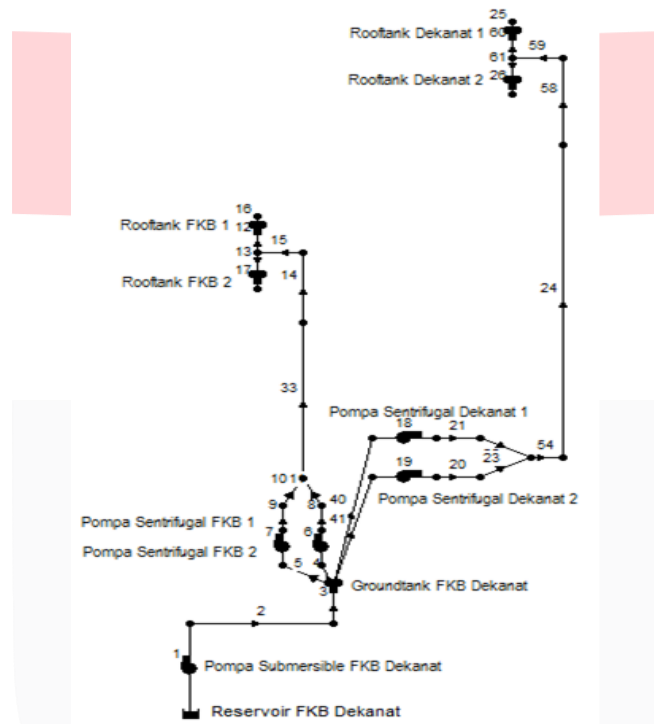
Berdasarkan data dan spesifikasi yang telah didapatkan, selanjutnya merupakan proses pembuatan desain model jaringan pipa air pada masing-masing GWT dengan software CFD 2D EPANET 2.0.



Gambar 3 Jaringan Pipa Air GWT FEB FIK



Gambar 4 Jaringan Pipa Air GWT FIT



Gambar 5 Jaringan Pipa Air GWT FKB dan Dekanat

3.2 Analisis Hasil Simulasi

Dibawah ini merupakan tabel perbandingan rata-rata debit air antara eksisting dan usulan pada GWT FEB FIK, GWT FIT, dan GWT FKB Dekanat. Pada grafik tersebut ditunjukkan perubahan debit pada pipa usulan setelah dilakukan beberapa perubahan pada luas penampang pipa eksisting.

Tabel 1 Rata-rata Debit Air GWT FEB

Tabel Rata-rata Debit Air	
Desain Eksisting	7,31 l/s
Desain Usulan	7,87 l/s

Tabel 2 Rata-rata Debit Air GWT FIK

Tabel Rata-rata Debit Air	
Desain Eksisting	6,49 l/s
Desain Usulan	7,29 l/s

Tabel 3 Rata-rata Debit Air GWT FIT

Tabel Rata-rata Debit Air	
Desain Eksisting	4,99 l/s
Desain Usulan	5,25 l/s

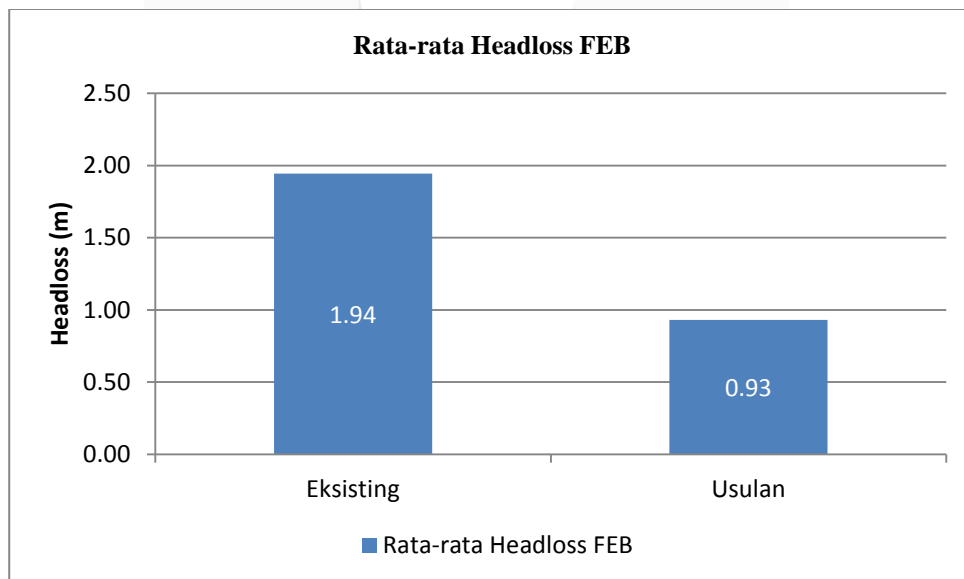
Tabel 4 Rata-rata Debit Air GWT FKB

Tabel Rata-rata Debit Air	
Desain Eksisting	6,63 l/s
Desain Usulan	6,87 l/s

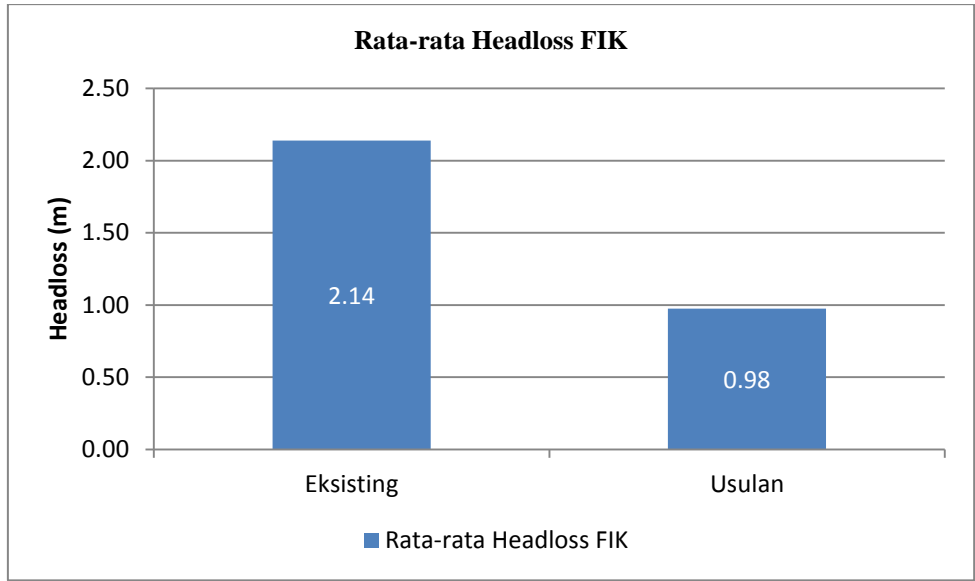
Tabel 5 Rata-rata Debit Air Dekanat

Tabel Rata-rata Debit Air	
Desain Eksisting	6,15 l/s
Desain Usulan	6,41 l/s

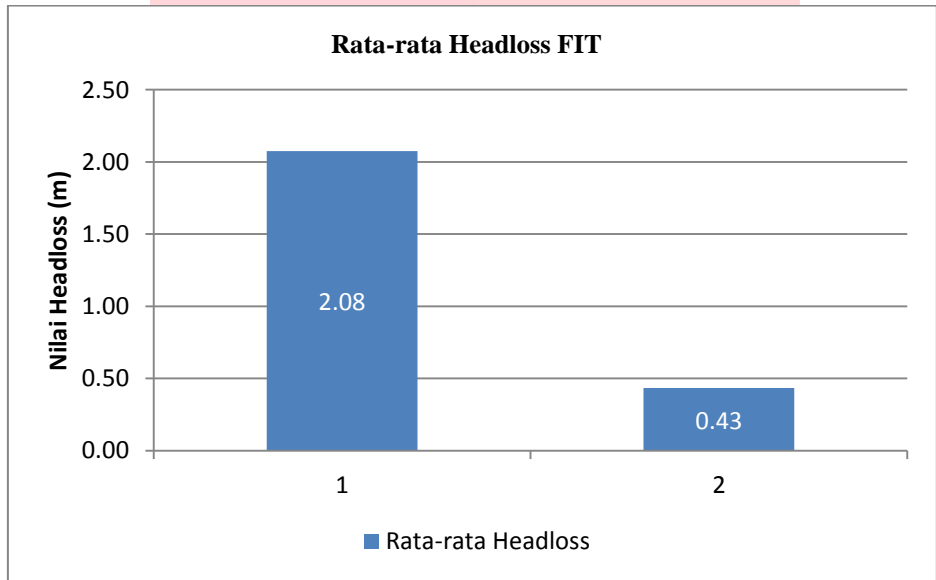
Berdasarkan tabel 1 didapatkan nilai rata-rata debit air pada GWT FEB eksisting sebesar 7,31 liter/detik. Sedangkan untuk nilai rata-rata debit air pada usulan adalah sebesar 7,87 liter/detik. Untuk FIK eksisting sebesar 6,49 liter/detik dan usulan sebesar 7,29 liter/detik. Hal ini terjadi disebabkan oleh pembesaran diameter pada luas penampang pipa yang akan berdampak pada nilai debit air. Perubahan yang dilakukan di GWT FEB FIK adalah pengubahan pada 9 pipa eksisting. 7 pipa dengan ukuran 50mm/2inch diperbesar menjadi 65mm/2,5inch dan 2 pipa dengan ukuran 40mm/1,5inch diubah menjadi 50mm/2inch. Selanjutnya didapatkan nilai rata-rata debit air eksisting pada GWT FIT sebesar 4,99 liter per detik, sedangkan untuk nilai rata-rata debit air usulan pada GWT FIT sebesar 5,25 liter per detik. Perubahan diameter dilakukan pada 2 pipa dengan ukuran 40mm/1,5inch menjadi 65mm/2,5inch. Berdasarkan tabel 4 didapatkan nilai rata-rata debit air pada GWT FKB eksisting sebesar 6,63 liter per detik. Sedangkan untuk desain usulan sebesar 6,87 liter per detik. Untuk GWT Dekanat rata-rata debit air pada eksisting sebesar 6,15 liter per detik dan untuk usulan sebesar 6,41 liter per detik. Dengan adanya pembesaran diameter pada beberapa pipa hal ini berdampak pada debit air di pipa outlet. Selanjutnya dilakukan juga analisis *headloss* pada jaringan GWT FEB FIK, GWT FIT, dan GWT FKB Dekanat.



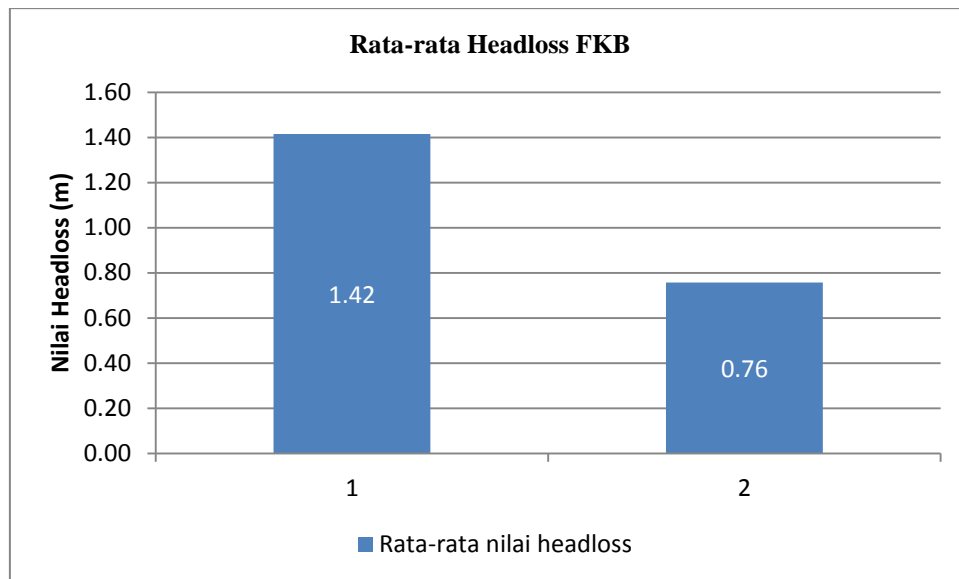
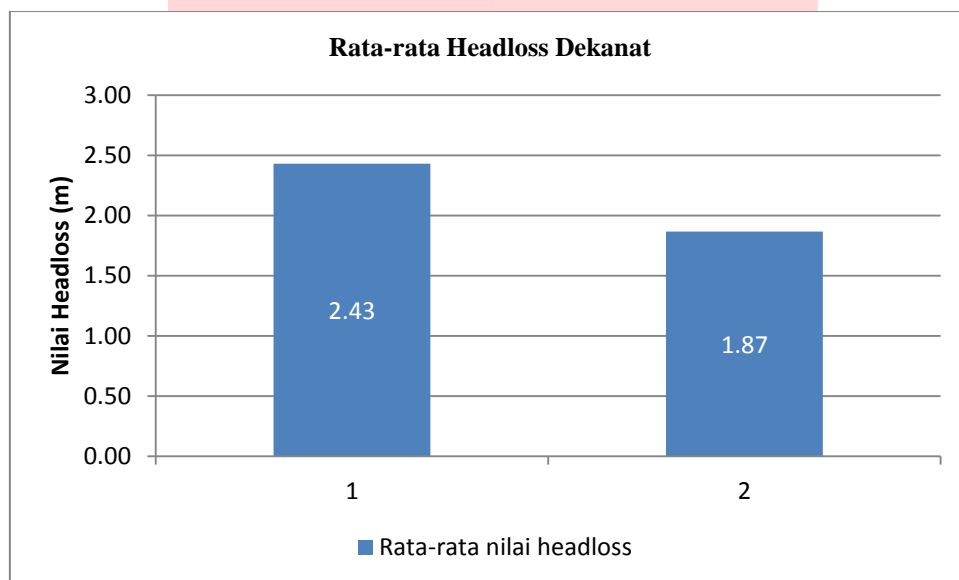
Gambar 6 Perbandingan Rata-rata *Headloss* FEB



Gambar 7 Perbandingan Rata-rata *Headloss* FIK



Gambar 8 Perbandingan Rata-rata *Headloss* FIT

Gambar 9 Perbandingan Rata-rata *Headloss* FKBGambar 10 Perbandingan Rata-rata *Headloss* Dekanat

Perubahan yang dilakukan pada desain diatas yaitu dengan memperbesar diameter pipa yaitu beberapa pipa 40 mm menjadi 50 mm, dan pipa dengan diameter awal 50 mm menjadi 65 mm. Dengan dilakukannya perubahan tersebut nilai rata-rata *headloss* pada setiap jaringan pipa air yang menuju ke gedung terjadi penurunan nilai secara signifikan. Untuk jaringan pipa air FEB nilai *headloss* eksisting sebesar 1,94 m dan mengalami penurunan menjadi 0,93 m setelah dilakukan perubahan. Untuk FIK nilai *headloss* eksisting sebesar 2,14 m dan mengalami penurunan menjadi 0,98 m. Untuk jaringan pipa air FIT nilai *headloss* eksisting sebesar 2,08 m dan mengalami penurunan menjadi 0,43 m. Selanjutnya untuk jaringan pipa air FKB nilai *headloss* eksisting sebesar 1,42 m dan mengalami penurunan menjadi 0,76 m. Dan untuk jaringan pipa air Dekanat nilai *headloss* eksisting sebesar 2,43 m mengalami penurunan menjadi 1,87 m. Hal ini sesuai dengan persamaan Darcy-Weishbach yang menyatakan bahwa nilai *headloss* berbanding terbalik dengan luas penampang. Sehingga diperoleh efisiensi untuk GWT FEB FIK sebesar 9%, untuk GWT FIT sebesar 5%, dan untuk GWT FKB Dekanat sebesar 4%.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi pengolahan data dan analisis yang dilakukan pada penelitian ini, kesimpulan yang dapat diambil adalah dengan memperbesar luas penampang pipa dengan ukuran yang sesuai maka akan memperkecil nilai rata-rata *headloss*, menaikkan nilai debit air pada outlet pipa, menghemat waktu penggunaan listrik sehingga dapat menurunkan biaya pengeluaran untuk listrik. Pada GWT FEB dan FIK perubahan dilakukan

dengan mengubah beberapa pipa dengan diameter 50mm/2 inch menjadi 65mm/2,5inch, dan pipa berukuran 40mm/1,5inch menjadi 50mm/2inch. Dengan usulan tersebut menghasilkan kenaikan nilai debit rata-rata menjadi sebesar 7,87 liter per detik dengan penurunan nilai rata-rata headloss menjadi 0,93 meter untuk FEB dan 0,98 untuk FIK. Dengan total efisiensi biaya sebesar 9%. Untuk GWT FIT perubahan dilakukan dengan mengubah beberapa pipa dengan diameter 40mm/1,5inch menjadi ukuran 65mm/2,5inch. Dengan usulan tersebut menghasilkan kenaikan nilai debit rata-rata menjadi 5,31 liter per detik dengan penurunan nilai rata-rata headloss menjadi 0,43 meter. Dengan total efisiensi 5%. Sedangkan untuk GWT FKB dan Dekanat perubahan dilakukan dengan mengubah beberapa pipa dengan diameter 50mm/2inch menjadi 65mm/2,5inch. Dengan usulan tersebut menghasilkan kenaikan debit rata-rata menjadi 6,35 liter per detik dengan penurunan nilai rata-rata headloss menjadi 0,76 meter untuk FKB dan 1,87 untuk Dekanat. Dengan total efisiensi sebesar 4%. Sehingga total efisiensi dengan desain usulan sebesar 18% pada wilayah II Universitas Telkom.

5. Daftar Pustaka

- Arbat, G., Pujol, T., Puig-Bargués, J., Duran-Ros, M., Barragán, J., Montoro, L., & De Cartagena, F. R. (2011). Using computational fluid dynamics to predict head losses in the auxiliary elements of a microirrigation sand filter. *Transactions of the ASABE*, 54(4), 1367-1376.
- Connor, R., Renata, A., Ortigara, C., Koncagül, E., Uhlenbrook, S., Lamizana-Diallo, B. M., & Hendry, S. (2017). *The United Nations World Water Development Report 2017. Wastewater: The Untapped Resource*. The United Nations World Water Development Report.
- Melva, C., Kusnayat, A., & Atmaja, D. S. E. (2017). Perancangan Sistem Otomatisasi Pengolahan dan Distribusi Air Bersih di Wilayah Ii Universitas Telkom. *eProceedings of Engineering*, 4(2).
- Waspodo, W. (2017). Analisa Head Loss Sistem Jaringan Pipa Pada Sambungan Pipa Kombinasi Diameter Berbeda. *Suara Teknik: Jurnal Ilmiah*, 4(1).
- Yosefa, F., & Indarjanto, H. (2017). Analisis Perencanaan dan Pengembangan Jaringan Distribusi Air Bersih di PDAM Tulungagung. *Jurnal Teknik ITS*, 6(1), 25-29.